

0- 770410

На правах рукописи



ПУГАЧЕВА ОЛЬГА ИВАНОВНА

**ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРИИОДИДА ВИСМУТА
С ФЕНОЛСОДЕРЖАЩИМИ ПРИСАДКАМИ
К МАСЛАМ И СМАЗКАМ**

02.00.04 – физическая химия

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата химических наук**

Кемерово 2008

Работа выполнена на кафедре неорганической химии ГОУ ВПО
«Кемеровский государственный университет»

Научный руководитель: доктор химических наук, профессор
Суровой Эдуард Павлович

Официальные оппоненты: доктор химических наук, профессор
Денисов Виктор Яковлевич

доктор технических наук,
старший научный сотрудник
Шустов Михаил Анатольевич

Ведущая организация: ГОУ ВПО Кузбасский государственный
технический университет, г. Кемерово

Защита диссертации состоится 27 июня 2008 г. в 10⁰⁰ часов на заседании Совета по защите диссертаций Д 212.088.03 при ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет» (650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Кемеровский государственный университет».

Автореферат разослан « 15 » мая 2008 г.

Ученый секретарь Совета Д 212.088.03
д.х.н., профессор



Актуальность темы

Масла и смазки относятся к тем материалам, без которых невозможно себе представить функционирование современной техники. Требуемые технологические качества и параметры в значительной мере определяются различными добавками к ним – присадками. Контроль за содержанием присадок по мере выработки масел и смазок – важная техническая задача. Быстрое и надежное обнаружение и идентификация присадок – не менее важная криминалистическая задача. Развитие нефтехимических технологий требует поиска новых, более эффективных реагентов для анализа нефтепродуктов.

Особое место среди методов исследования нефтепродуктов в криминалистике занимает тонкослойная хроматография (ТСХ) как простой, информативный и высокочувствительный метод. Однако реагенты, традиционно используемые в ТСХ для анализа нефтепродуктов, не всегда доступны и удобны. Пары йода, например, не дают устойчивую хроматографическую картину, к тому же, токсичны, хлористый палладий является дефицитным и дорогостоящим веществом, раствор формалина в серной кислоте уничтожает хроматограмму после ее проявления.

Криминалистическая практика требует доступных, безопасных, высокочувствительных и специфичных реактивов для исследования этих объектов. Поэтому разработка новых методик анализа и поиск новых реагентов для исследования нефтепродуктов представляет как научный, так и практический интерес. Триодид висмута – один из перспективных реагентов, который используют в химическом анализе. Реактивы, приготовленные на основе триодида висмута, традиционно используют при открытии алкалоидов. Триодид висмута реагирует со

многими органическими веществами с образованием окрашенных продуктов, наблюдается появление окраски и в реакции с моторными маслами и смазками.

Изменение окраски трииодида висмута – результат сложного взаимодействия с многочисленными компонентами масел. Представляется необходимым исследовать взаимодействие трииодида висмута с отдельными компонентами или их группами.

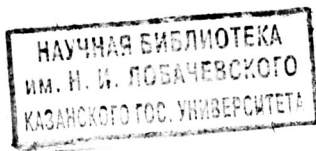
Для осуществления целенаправленного поиска новых реактивов, разработки и совершенствования методик исследования важно получение комплекса сведений о способе образования этими реактивами разных типов соединений, об их структуре, проявляемых ими свойствах. Эти сведения помогут обеспечить выбор и рациональное применение подходящего реагента в практике. Поэтому изучение взаимодействия трииодида висмута с маслами и смазками, а также фенолом, как основным структурно-химическим звеном фенолсодержащих присадок, является важной и актуальной задачей в научном и практическом отношении.

Цель работы

Исследование природы и закономерностей процессов взаимодействия трииодида висмута с нефтепродуктами (маслами и смазками) и фенолсодержащими присадками к ним.

Основные задачи работы

1. Исследовать закономерности взаимодействия тонких слоев трииодида висмута с моторными маслами и ружейными смазками в интервале температур от 373 К до 473 К.



2. Исследовать закономерности взаимодействия спиртовых растворов трииодида висмута с моторными маслами, ружейными смазками и фенолсодержащими присадками к ним.

3. Изучить оптические свойства спиртовых растворов трииодида висмута в УФ и видимой областях.

4. Исследовать химический состав продукта взаимодействия трииодида висмута с фенолом, являющимся структурным звеном фенолсодержащих присадок.

Практическая значимость работы

Раствор трииодида висмута в этиловом спирте предложен и используется автором настоящей работы в структурно-групповом анализе нефтепродуктов (масел, смазок) и в качестве реагента на фенолсодержащие присадки.

Полученные данные о химическом составе продукта взаимодействия трииодида висмута с фенолом и результаты работы используются в лабораторном практикуме по курсу «Методы исследования неорганических материалов» для студентов кафедры неорганической химии Кемеровского госуниверситета.

Научная новизна работы:

1. Впервые получен и методами хроматографии выделен продукт взаимодействия трииодида висмута с фенолом.

2. Впервые методами химического и эмиссионного спектрального анализа, ИК спектроскопии и хромато-масс-спектрометрии установлено, что продукт взаимодействия трииодида висмута и фенола содержит висмут, иод, связанный фенол и бензольные кольца с изолированными атомами водорода.

3. Впервые показана перспективность использования спиртового раствора триодида висмута в исследовании нефтепродуктов (масел и смазок) и фенолсодержащих присадок к ним.

На защиту выносятся следующие положения

1. Спиртовый раствор триодида висмута может быть использован в структурно групповом анализе нефтепродуктов (масел и смазок) и в качестве реагента на фенолсодержащие присадки к ним.

2. Продукт взаимодействия триодида висмута и фенола содержит висмут, иод, связанный фенол и бензольные кольца с изолированными атомами водорода.

Апробация

Материалы диссертации доложены на международной научно-практической конференции «Химия-XXI век: новые технологии, новые продукты» (Кемерово, 2002); молодежной научно-практической конференции, посвященной 125-летию Томского государственного университета «Получение и свойства веществ и полифункциональных материалов, диагностика, технологический менеджмент» (Томск, 2003); международной научно-практической конференции «Химия-XXI век: новые технологии, новые продукты» (Кемерово, 2003); девятой международной конференции «Физико-химические процессы в неорганических материалах» (Кемерово, 2004); международной научно-практической конференции «Химия-XXI век: новые технологии, новые продукты» (Кемерово, 2005); международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы борьбы с преступностью в Сибирском регионе» (Красноярск, 2006); международной научно-практической конференции «Химия-XXI век: новые технологии, новые продукты» (Кеме-

рово, 2006); общероссийской научной конференции «Полифункциональные химические материалы и технологии», посвященной 75-летию химического факультета Томского государственного университета (Томск, 2007); десятой международной конференции «Физико-химические процессы в неорганических материалах» (Кемерово, 2007).

Публикации

Основные результаты работы опубликованы в 2 статьях в ведущих рецензируемых научных журналах из списка ВАК и 5 статьях в сборниках докладов международных научных конференций. Полный список публикаций по теме диссертации включает 17 наименований.

Основное содержание работы

Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов и библиографического списка. Она изложена на 129 страницах, включающих 15 таблиц, 62 рисунка и 183 наименования в списке литературы.

В первой главе содержится обзор сведений об исследуемом веществе и об элементах, его составляющих; обзор примеров использования триодида висмута в судебной химии; система методов криминалистического исследования нефтепродуктов и горюче-смазочных материалов.

Во второй главе рассмотрены аспекты использования основных физико-химических методов исследования, применяемых в работе: эмиссионный спектральный анализ (ИСП-28), спектроскопия в УФ и видимой области спектра («SHIMADZU UV-1700»), ИК-Фурье спектроскопия («Инфралюм ФТ-801»), хромато-масс-спектрометрия (хроматограф «Agilent Technologies 6850» с масс-селективным детектором серии 5973), тонкослойная хроматография, рентгенофазовый анализ

(Дрон-3,0). Приведено описание соответствующих приборов (принципиальные схемы, основные технические характеристики).

В третьей главе изложены результаты изучения взаимодействия трииодида висмута с нефтепродуктами в тонком слое. Исследования проводили на интересных в экспертно-криминалистическом отношении моторных маслах и ружейных смазках (масла М-8В₁, М-8В₂, М-10Г₂к, М5з/10Г; смазки РЖ, РЖ10, РЖУ). Методами спектроскопии в УФ и видимой областях изучено взаимодействие при температурах 373 К, 423 К и 473 К тонких слоев трииодида висмута, предварительно нанесенных на стеклянные подложки методом полива, с нефтепродуктами и фенолом, являющимся структурным звеном фенолсодержащих присадок.

Установлено, что компоненты исследуемых нефтепродуктов ускоряют процесс разложения и обесцвечивания трииодида висмута в тонких слоях. При контакте с нефтепродуктами и фенолом процесс начинается без индукционного периода, в отличие от термического разложения трииодида висмута.

В четвертой главе анализируется применимость трииодида висмута в тонкослойной хроматографии нефтепродуктов.

В ходе исследования эффективности применения трииодида висмута в структурно-групповом анализе нефтепродуктов и для обнаружения фенолсодержащих присадок установлено, что хроматографическая картина, полученная при действии трииодида висмута, близка к той, что получается при обработке традиционными проявителями, но богаче по цвету и намного долговечнее. Поэтому триодид висмута может заменить более дорогие и труднодоступные традиционные реактивы.

Более безопасен и более технологичен сам способ нанесения триодида висмута на хроматограммы – опрыскивание насыщенным раствором в этиловом спирте. Было также установлено, что при использовании триодида висмута в структурно-групповом анализе достаточно 3-4 мг масла, для обнаружения фенолсодержащих присадок – 4-5 мг.

Таким образом, триодид висмута может быть использован как дополнительный (или заменяющий) реактив для детектирования тонкослойных хроматограмм в структурно-групповом анализе нефтепродуктов и при обнаружении фенолсодержащих присадок.

Пятая глава посвящена исследованию оптических свойств спиртовых растворов триодида висмута методом спектроскопии в УФ и видимой областях. На рис. 1 приведены спектры поглощения растворов, полученных разбавлением насыщенного раствора в 4-64 раза.

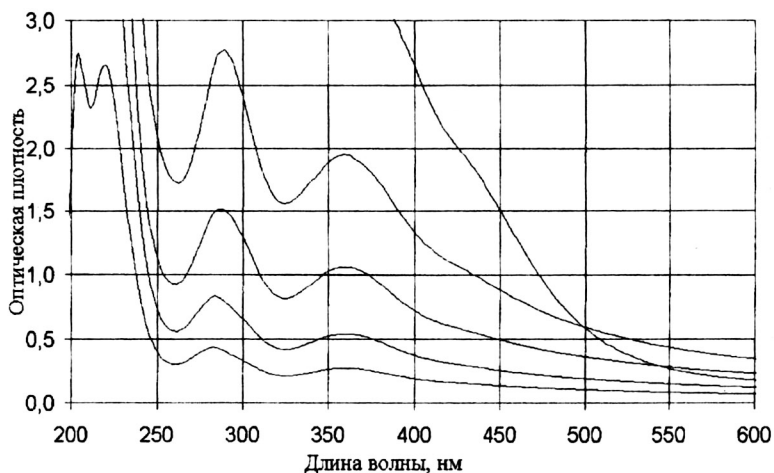


Рис. 1. Спектры поглощения спиртовых растворов триодида висмута. Атомные концентрации иода (ммоль/л) снизу вверх: 1,4; 2,8; 5,6; 11,1; 22,3.

Максимумы поглощения в области 200 и 220 нм отвечают поглощению свободных иодид-анионов. Также известен максимум поглощения для растворов молекулярного иода в области 520 нм, смещающийся в синюю область спектра при взаимодействии с растворителем. Из рис. 1 видно, что этот максимум слабо проявляется в области 430-440 нм. Для выяснения природы полос при длинах волн 290 и 660 нм были записаны спектры поглощения спиртовых растворов иодида калия и иода, а также спектры поглощения растворов оксиодида висмута в спирте, эфире и гексане.

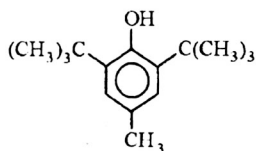
Установлено, что полосы поглощения в области при длинах волн 290 и 360 нм обнаруживаются в спектрах поглощения спиртовых растворов иодида калия и иода. В литературе отмечается, что в растворах иода, помимо основной линии (440-520 нм), наблюдается сильное поглощение в ультрафиолетовой области, возникающее за счет переноса заряда в комплексе «молекулярный иод – растворитель». Действительно, это поглощение столь сильно, что указанные линии возможно регистрировать лишь при содержании атомов иода в растворе не более 3 ммоль/л. При дальнейшем разбавлении основная линия становится совсем слабой, зато проявляются полосы поглощения 200 и 220 нм, характерные для иодид-анионов.

В растворах иодид калия полосы поглощения в области 290 и 360 нм также обусловлены образованием комплекса «молекулярный иод – растворитель». Иод в этом случае образуется за счет окисления иодид-анионов.

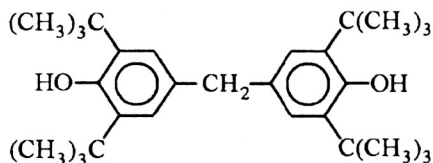
Таким образом, спиртовые растворы трииодида висмута содержат, помимо основного вещества, иод, связанный в комплекс с растворителем:

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{-}\underset{\text{H}}{\text{O}}\text{-}\text{I}$$

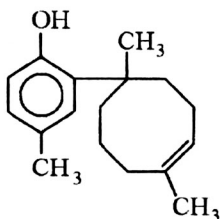
В шестой главе представлены результаты исследования химического состава продукта взаимодействия триодида висмута с фенолом как основным структурно-химическим звеном фенолсодержащих присадок. Ниже приведены формулы и названия некоторых распространенных фенолсодержащих присадок.



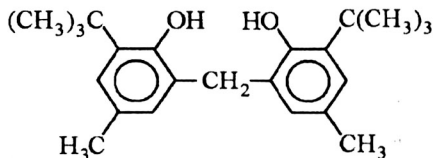
4-метил-2,6-ди-
трет-
бутилфенол, ио-
нол



4,4'-метиленбис(2,6-
ди-*трет*-бутилфенол),
этил-702



2-(1,5-диметил-
4-
циклооктенил)-
n-крезол, а.с.
СССР 635087



2,2'-метиленбис(4-
метил-6-*трет*-
бутилфенол), НГ-
2246

Продукт выделяли из реакционной смеси методами тонкослойной и колоночной хроматографии. Для контроля чистоты вещества был использован метод тонкослойной хроматографии.

Выделенный и очищенный продукт представляет собой рентгеноаморфный порошок желто-оранжевого цвета. Вещество выдерживает

нагревание до 353 К, далее происходит потемнение и появляется запах фенола.

Химическим анализом установлено, что исследуемое вещество содержит висмут, фенол и иод.

Изучение элементного состава продукта взаимодействия трииодида висмута с фенолом методом эмиссионного спектрального анализа

Исследуемый продукт по мере выхода из колонки был фракционно собран в 4 фракции, которые затем исследованы отдельно методом эмиссионного спектрального анализа.

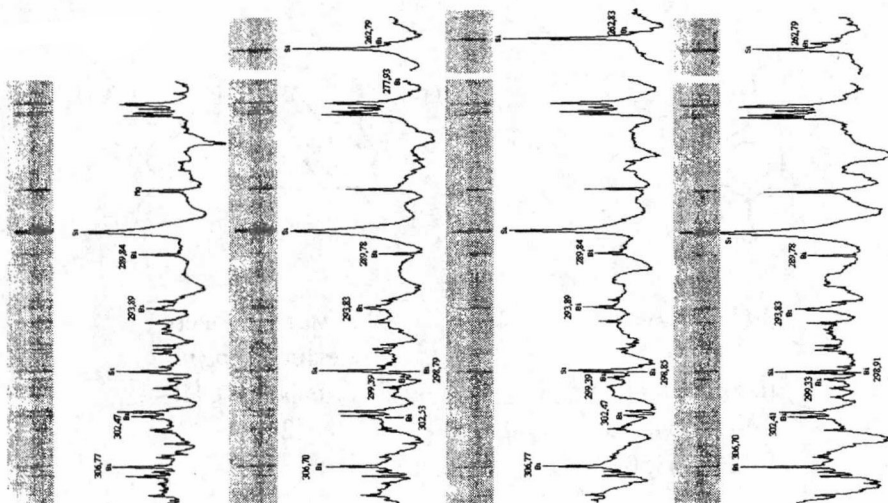


Рис. 2. Фрагменты спектров и денситограмм фракций 1-4 (слева направо).

Таблица 1.

Результаты эмиссионного спектрального анализа

№ фракции	Чувствительность линии	Длина волны, нм		Интенсивность линии, усл. ед.
		лит.	эксп.	
1	9	306.77	306.77	4861
	7	289.80	289.84	3866
	6	293.83	293.89	2311
	6	302.46	302.47	2538
2	9	306.77	306.70	4905
	7	289.80	289.78	3258
	6	293.83	293.83	1623
	6	298.90	298.79	2388
	6	302.46	302.53	735
	5	262.79	262.79	1052
	5	278.05	277.93	1417
	5	299.33	299.39	417
3	9	306.77	306.77	4333
	7	289.80	289.84	1827
	6	293.83	293.89	2183
	6	298.90	298.85	3261
	6	302.46	302.47	2083
	5	262.79	262.83	822
	5	299.33	299.39	972
4	9	306.77	306.70	5077
	7	289.80	289.78	2638
	6	293.83	293.83	1177
	6	298.90	298.91	1944
	6	302.46	302.41	2472
	5	262.79	262.79	1061
	5	299.33	299.33	627

По данным эмиссионного спектрального анализа установлено наличие висмута в продукте взаимодействия трииодида висмута с фенолом.

Исследование структурно-группового состава продукта взаимодействия трииодида висмута с фенолом методом ИК-спектроскопии

Поскольку спектры поглощения в ИК-области характеризуются индивидуальностью и отображают скелетные колебания и колебания характеристических групп в молекулах, метод ИК-спектроскопии был нами применен с целью изучения структурно-группового состава продукта взаимодействия трииодида висмута и фенола.

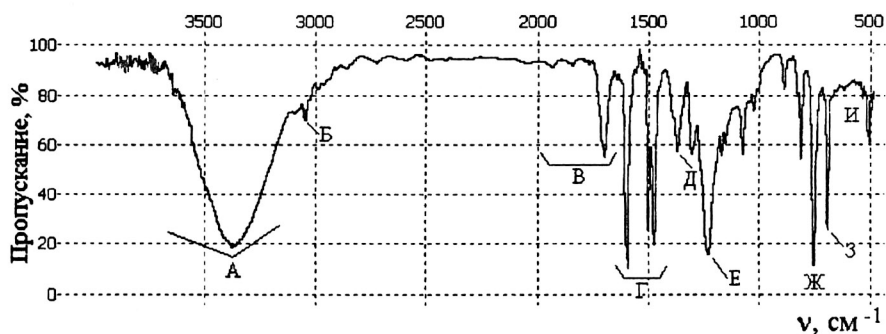


Рис. 3. ИК-спектр продукта взаимодействия трииодида висмута и фенола. Осаждение из спиртового раствора на цинк-селеновом стекле.

В ИК-спектрах исследуемого продукта определены все полосы поглощения, свойственные фенолам, в том числе и характеристические полосы, обусловленные валентными колебаниями О-Н и С-О групп.

А – широкая полоса валентных колебаний группы О-Н, связанной межмолекулярной водородной связью, $3600-3100\text{ см}^{-1}$; Б – валентные колебания ароматических С-Н, 3046 см^{-1} ; В – обертоны или составные полосы, $2000-1667\text{ см}^{-1}$; Г – валентные колебания С-С кольца, $1596, 1499, 1474\text{ см}^{-1}$; Д – плоскостные деформационные колебания О-Н, 1369 см^{-1} ; Е – валентные колебания С-О, 1229 см^{-1} ; Ж – внеплоскостные деформационные колебания С-Н, 753 см^{-1} ; З – внеплоскост-

ные деформационные колебания С-С кольца, 691 см^{-1} ; И – широкая полоса внеплоскостных деформационных колебаний группы О-Н, связанной водородной связью, около 650 см^{-1} .

Кроме полос поглощения, свойственных фенолам, проявляются полосы, которые отсутствуют в ИК-спектре фенола. Так, в ИК-спектре исследуемого вещества наблюдается полоса 863 см^{-1} , относящаяся к области внеплоскостных деформационных колебаний С-Н (рис. 4. а).

Область обертонов и составных частот внеплоскостных деформационных колебаний С-Н ($2000\text{--}1660\text{ см}^{-1}$), рис. 4. б, имеет другую форму.

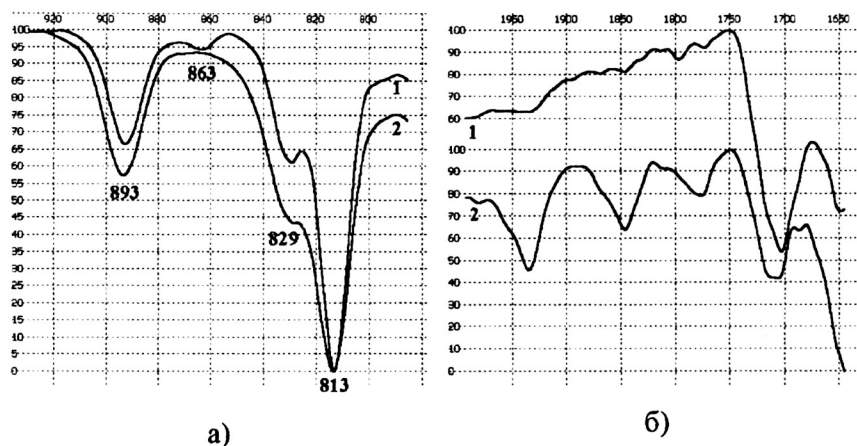


Рис. 4. Фрагменты ИК-спектров исследуемого продукта (1) и фенола (2); а – область $930\text{--}780\text{ см}^{-1}$, б – область $2000\text{--}1660\text{ см}^{-1}$.

Положение полос внеплоскостных деформационных колебаний С-Н и вид полос обертонов и составных частот внеплоскостных деформационных колебаний зависят от сопряжения и характеризуют тип замещения в бензольном кольце.

Для установления типов замещения в бензольных кольцах было проведено сопоставление литературных и экспериментальных данных

для всех возможных вариантов замещений в кольце. В таблице 2 приведены результаты сопоставления положения полос внеплоскостных деформационных колебаний С-Н и характера спектральных кривых в области обертонов и составных частот этих колебаний.

Таблица 2.

Сравнительная таблица для полос внеплоскостных деформационных колебаний С-Н бензольного кольца

	Область внеплоскостных деформационных колебаний С-Н бензольного кольца	Область обертонов и составных частот внеплоскостных деформационных колебаний С-Н бензольного кольца
	900-650 см^{-1}	2000-1700 см^{-1}
Исследуемое вещество		
1-2-3-5- 	 <i>2,4,6-триодфенол</i>	 <i>1,2,3,5-тетра-хлорбензол</i>
МОНО- 	 <i>фенол</i>	 <i>бромбензол</i>

Методом ИК-спектроскопии установлено, что исследуемый продукт взаимодействия трииодида висмута и фенола содержит в своем составе монозамещенные бензольные кольца, и кольца с большей степенью замещения, имеющие изолированные атомы водорода. Монозамещенное кольцо – это фенол. Наиболее вероятный второй вариант замещения – по типу 1-2-3-5.

Исследование состава продукта взаимодействия трииодида висмута с фенолом методом хромато-масс-спектрометрии

Сочетание высокоэффективной капиллярной хроматографии с масс-спектрометрией дает дополнительные возможности определения состава сложных органических соединений.

Хромато-масс-спектрометрический анализ, проведенный в присутствии фенола в качестве внутреннего стандарта, позволил определить связанный фенол в составе исследуемого продукта.

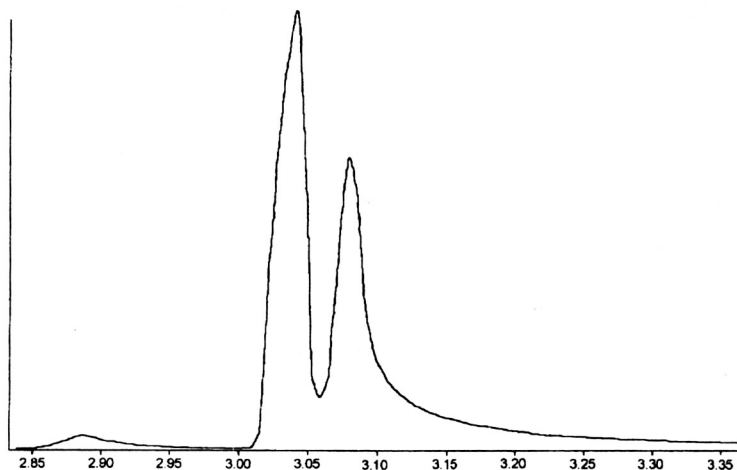


Рис. 5. Участок хроматограммы с пиками фенола.

На рис. 5 изображен фрагмент хроматограммы с двумя пиками с временами удерживания 3,04 и 3,08 мин. Масс-спектры этих фракций

совпадают с масс-спектром фенола из библиотеки прибора. Время удерживания первого пика соответствует фенолу в спиртовом растворе – это внутренний стандарт. Второй пик – это, очевидно, пик связанного фенола, высвобождающегося по мере термического разложения исследуемого вещества, поэтому он более протяженный и пологий. Его профиль с правой стороны графически отображает кинетику разложения. Во всей этой протяженной области масс-спектрометрически обнаруживается только фенол.

Температура выхода второго пика 80 °C, что соответствует температуре, при которой, как было отмечено выше, исследуемое вещество начинает разлагаться.

В таблице 3 приведены значения m/z после обработки хромато-масс-спектрометрических данных.

Особый интерес представляют линии, которые могут содержать иод и висмут. Массовые числа таких частиц должны быть больше 127 и 209 соответственно. Для каждого из этих крупных осколков предложены возможные варианты состава:

HI (128), CH₂I (141), C₂H₄I (155), CH₄OI (159), C₃I (163), C₃H₂I (165), C₃H₆I (169), C₄H₈I (183), C₃H₄OI (183), C₅H₇I (194), C₅H₈I (195), C₄H₃OI (195);

BiCH₂ (223), BiOH₂ (227), BiC₂H₄ (237), BiO₂ (241), BiC₃H₅ (250), BiO₂C₂H (266), BiO₂C₂H₂ (267), BiO₂C₂H₃ (268), BiO₂C₃H₄ (281), BiO₂C₃H₅ (282), BiO₂C₃H₆ (283), BiO₂C₃H₇ (284), BiO₂C₃H₈ (285), BiO₂C₄H₈ (297), BiO₂C₃H₆O (311), BiO₂C₈H₄ (341), BiO₃C₆H₁₂ (341).

Значения m/z после вычитания фоновых линий

5,32 мин	37, 38, 39, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 74, 79, 80, 81, 83, 84, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 109, 119, 127, 135, 141, 155, 191, 194, 237, 268, 283, 284, 297
5,40 мин	37, 38, 39, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 74, 75, 76, 80, 81, 83, 84, 91, 94, 95, 96, 97, 106, 107, 108, 115, 126, 134, 141, 163, 177, 179, 192, 194, 195, 205, 209, 223, 227, 237, 248, 250, 252, 265, 266, 267, 281, 282, 283, 284, 285, 297, 311, 341
9,69 мин	37, 38, 39, 53, 55, 56, 62, 63, 65, 66, 71, 75, 80, 81, 84, 85, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 98, 99, 101, 104, 106, 107, 111, 113, 115, 117, 118, 119, 123, 127, 129, 131, 134, 135, 155, 159, 163, 165, 169, 183, 193, 209
9,76 мин	38, 39, 47, 52, 53, 59, 63, 65, 66, 67, 71, 74, 78, 84, 92, 93, 94, 101, 104, 110, 113, 117, 119, 127, 128, 129, 145, 147, 148, 153, 163, 165, 191, 281, 282, 283

Таким образом, методами химического и эмиссионного спектрального анализа, ИК спектроскопии и хромато-масс-спектрометрии установлено, что продукт взаимодействия трииодида висмута и фенола содержит висмут, иод, связанный фенол и бензольные кольца с изолированными атомами водорода.

Полученные результаты полностью соответствуют литературным данным о том, что фенол очень легко вступает в реакцию с иодом в присутствии иодидов с образованием трииодфенола и о возможности

замещения водорода в феноле на галоген в орто- и пара-положение галогенами в присутствии галогенидов металлов. Методами спектроскопии в УФ и видимой областях, а также хроматографически показано, что иод, необходимый для протекания реакций замещения в феноле, содержится в спиртовых растворах трииодида висмута.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ:

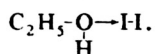
1. Методами спектроскопии в УФ и видимой областях изучено взаимодействие при температурах 373 К, 423 К и 473 К тонких слоев трииодида висмута, предварительно нанесенных на стеклянные подложки методом полива, с нефтепродуктами (моторные масла М-8В₁, М-8В₂, М-10Г₂к, М5з/10Г; ружейные смазки РЖ, РЖ10, РЖУ) и фенолом, являющимся структурным звеном фенолсодержащих присадок.

Установлено, что компоненты исследуемых нефтепродуктов ускоряют процесс разложения и обесцвечивания трииодида висмута в тонких слоях. При контакте с нефтепродуктами и фенолом процесс начинается без индукционного периода, в отличие от термического разложения трииодида висмута.

2. Предложено применение спиртового раствора трииодида висмута в тонкослойной хроматографии в качестве реагента на нефтепродукты (масла и смазки) и фенолсодержащие присадки к ним. Методом ТСХ установлено, что трииодид висмута реагирует с компонентами масел и смазок с образованием окрашенных продуктов. На хроматограмме формируется яркая, контрастная и стабильная картина.

3. Методами спектроскопии в УФ и видимой областях изучены оптические свойства спиртовых растворов трииодида висмута в УФ и видимой областях. В результате анализа спектров поглощения установ-

лено, что спиртовые растворы триодида висмута помимо основного вещества содержат иод, связанный в комплекс с растворителем:



4. Методами тонкослойной и колоночной хроматографии очищен и выделен продукт взаимодействия триодида висмута с фенолом.

Выделенный и очищенный продукт представляет собой рентгеноаморфный порошок, разлагающийся при нагревании до 353 К.

5. Методами химического, эмиссионного спектрального анализа, ИК и хромато-масс-спектрометрии установлено, что продукт взаимодействия триодида висмута и фенола содержит висмут, иод и бензольные кольца с двумя типами замещения: монозамещенные и более сложно замещенные кольца с изолированными атомами водорода. Наиболее вероятный тип замещения 1-2-3-5.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Пугачева, О.И. Применение иодида висмута (III) в анализе нефтепродуктов / О.И. Пугачева, Л.Н. Бугерко, Э.П. Суровой, В.М. Пугачев // Материаловедение. – 2005, № 8. – С. 27-31.

2. Пугачева, О.И. Иодид висмута (III) в анализе алкилфенольных присадок к нефтепродуктам / О.И. Пугачева, Л.Н. Бугерко, Э.П. Суровой, В.М. Пугачев // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – № 6. – С. 118-121.

3. Бугерко, Л.Н. // Разработка методов и средств выявления латентных следов / Л.Н. Бугерко, В.М. Пугачев, Э.П. Суровой, О.И. Пугачева // Актуальные проблемы борьбы с преступностью в Сибирском регионе: Сб. материалов науч.-практ. конф. – Красноярск: изд-во СибЮИ МВД России, 2006. – Часть 2. – С. 252-255.

4. Пугачева, О.И. // Определение алкилфенольных присадок к нефтепродуктам с использованием иодида висмута / О.И. Пугачева, Л.Н. Бугерко, Э.П. Суровой, В.М. Пугачев // Химия-XXI век: новые технологии, новые продукты: Сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово: Институт угля и углехимии, Кузбасский государственный технический университет, ЗАО КВК «Экспо-Сибирь», 2005. – С. 339-341.

5. Суровой, Э.П. // Спектрофотометрическое исследование спиртовых растворов иодида висмута (III) / Э.П. Суровой, Л.Н. Бугерко, О.И. Пугачева, В.М. Пугачев // Химия-XXI век: новые технологии, новые продукты: Сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово: Институт угля и углехимии, Кузбасский государственный технический университет, ЗАО КВК «Экспо-Сибирь», 2006. – С. 152-154.

6. Пугачева, О.И. // Определение алкилфенольных присадок к нефтепродуктам с использованием иодида висмута / О.И. Пугачева, Л.Н. Бугерко, Э.П. Суровой, В.М. Пугачев // Химия-XXI век: новые технологии, новые продукты: Сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово: Институт угля и углехимии, Кузбасский государственный технический университет, ЗАО КВК «Экспо-Сибирь», 2005. – С. 339-341.

7. Пугачева, О.И. // Исследование взаимодействия трииодида висмута с фенолом методами ИК Фурье-спектроскопии и хромато-масс-спектроскопии / О.И. Пугачева, В.М. Пугачев, Э.П. Суровой // Физико-химические процессы в неорганических материалах (ФХП-10): доклады Десятой международной конференции, 10-12 октября 2007 года: в 2 т./ гл. ред. Ю.А. Захаров; ГОУ ВПО «КемГУ». – Т.2. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2007. С. 152-155.

